

## **ALGORITMOS EVOLUTIVOS DISTRIBUIDOS – LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

**Hugo Alfonso, Gabriela Minetti, Carolina Salto**

Laboratorio de Investigación en Sistemas Inteligentes (LISI)  
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de La Pampa  
Calle 110 Esq. 9 (6360) General Pico – La Pampa – Rep. Argentina  
Te. / Fax: (02302) 422780/422372, Int. 6302  
e-mail: { alfonsoh, minettig, saltoc }@ing.unlpam.edu.ar

### **Resumen**

La búsqueda de solución a problemas de optimización de mediana a gran complejidad es uno de los temas que más atrae a investigadores de distintas disciplinas en distintos lugares del mundo. Por otra parte, los avances tecnológicos permiten disponer de nuevos recursos computacionales dotados de gran capacidad o, en caso contrario, se los puede organizar en clusters posibilitando la distribución del trabajo. Para atacar los problemas de optimización algunos investigadores intentan desarrollar algoritmos exactos y otros, algoritmos heurísticos. Particularmente, nosotros orientamos la mencionada búsqueda usando Algoritmos Evolutivos, que ya han demostrado ser capaces de resolver problemas de gran complejidad aunque no siempre garantizan alcanzar el valor óptimo, siendo nuestro objetivo mejorar su performance por medio de la incorporación de métodos de búsqueda local (hibridización) o distribuyendo el trabajo para poder explorar mayores espacios de búsqueda a través de un trabajo cooperativo. Estos últimos representan un camino promisorio para un mejor balance entre exploración y explotación; evitando la pérdida de diversidad genética y alcanzando buenas soluciones finales próximas al óptimo.

Las líneas de investigación que aquí se detallan son las que actualmente se están siguiendo, algunas de ellas con algunos resultados en proceso de evaluación y otras, más incipientes, que han surgido de trabajos previos.

### **Introducción**

Una de las principales áreas de trabajo en el ámbito de la Informática ha sido tradicionalmente el diseño de algoritmos cada vez más eficientes para la solución de problemas, tanto de optimización como de búsqueda. En este dominio, el objetivo consiste en obtener nuevos algoritmos que necesiten un esfuerzo computacional menor al de los existentes, así como caracterizar su comportamiento para las clases de problemas que demanda la comunidad científica e industrial en general.

La investigación en algoritmos tanto exactos como heurísticos para resolver problemas de optimización tiene una vigencia inusualmente importante en estos días, ya que nos enfrentamos a nuevos problemas de ingeniería, al mismo tiempo que contamos con nuevos recursos computacionales tales como nuevos tipos de máquinas, redes y entornos como Internet.

De esta forma, actualmente es acuciante la necesidad de algoritmos muy eficientes que puedan dar respuesta en tiempo real a problemas del usuario o del sistema, y que permitan trabajar con los nuevos sistemas operativos y máquinas. Para ello, es muy importante poder caracterizar el funcionamiento de dichos algoritmos para conocer limitaciones y potencia intrínseca al resolver nuevos problemas no estudiados. Esto supone definir el comportamiento de los algoritmos en relación a clases de problemas sobre instancias de dimensión creciente, para poder así deducir los métodos o modificaciones necesarios que permitan generar un motor de búsqueda eficiente.

Dos de las ramas con éxito para diseñar algoritmos eficientes en la actualidad son la hibridización y el paralelismo. La hibridización permite incorporar información del problema en el algoritmo de resolución para trabajar en contacto con sus características diferenciadoras; esto tiene también relación con la posibilidad de involucrar a varios algoritmos distintos en el proceso de búsqueda de soluciones de manera más eficiente, ya que usualmente se obtienen reducciones notables en el esfuerzo cuando se utiliza un algoritmo híbrido. Por otro lado, el uso de múltiples

procesadores para resolver en paralelo un problema permite acelerar la búsqueda en tiempo real y alcanzar nuevos dominios de aplicación antes imposibles.

Particularmente los **Algoritmos Evolutivos (AEs)** han demostrado ser capaces de resolver complicadas tareas de optimización. Estos algoritmos trabajan sobre un conjunto (*población*) de potenciales soluciones (*individuos*) aplicando sobre ellos un grupo de operadores estocásticos para alcanzar la mejor solución. La mayoría de los AEs usan una única población de individuos (panmixia) y los operadores se aplican sobre los individuos de toda la población. Pero, otro enfoque que se va difundiendo en forma rápida es el de estructurar la población, permitiendo paralelizar la evolución de la misma [1] (ver Figura 1). Entre los *AEs estructurados*, los algoritmos más populares son los distribuidos y los celulares [3, 9].

En el primer caso, **AEs distribuidos (dAEs)**, la población se divide en un conjunto de islas y cada una de ellas aplica el proceso evolutivo en forma independiente, realizando intercambios de individuos esporádicamente para facilitar el proceso colaborativo/cooperativo. Esto ayuda al mantenimiento de la diversidad en las distintas subpoblaciones evitando caer en óptimos locales [5, 8, 18, 22, 24, 27].

En el segundo caso, los **AEs celulares (cAEs)** introducen un nuevo concepto de vecindario, permitiendo que un individuo dado pueda intercambiar material genético sólo con individuos de ese vecindario [13,20,23]. Los vecinos de un individuo se pueden seleccionar de diferentes maneras atendiendo estructuras lineales o complejas. La estructura de uso más habitual es la grilla toroidal que contiene a todos los individuos de la población y define un estricto vecindario sobre cada individuo de la grilla [4]. Si bien estos algoritmos se concibieron para trabajar en máquinas paralelas [26], en la actualidad este enfoque se ha difundido y también se lo usa en entornos de máquina única.

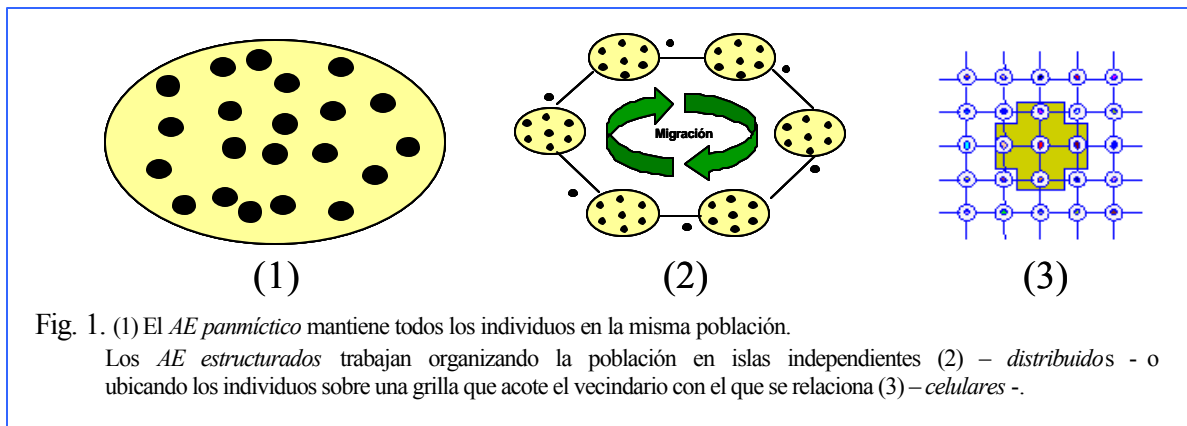


Fig. 1. (1) El AE panmítico mantiene todos los individuos en la misma población.

Los AE estructurados trabajan organizando la población en islas independientes (2) – distribuidos – o ubicando los individuos sobre una grilla que acote el vecindario con el que se relaciona (3) – celulares –.

## Líneas de Investigación

Actualmente, nuestras líneas de investigación en el proyecto son:

- ✓ Estudio del efecto de diferentes valoraciones paramétricas sobre la performance de **algoritmos evolutivos híbridos (hAEs)** en un problema de difícil tratamiento tal como el conocido “cutting problem”. La parametrización a ajustar está relacionada a tipos de: selección, operadores genéticos, probabilidad de los operadores, escalamiento, penalidad, etc. [7, 11, 28].
- ✓ Estudio comparativo de AEs panmíticos, distribuidos en máquina única (dAEs) o distribuido en varias máquinas (pAEs) para estudiar la escalada del costo computacional, medido en cantidad de evaluaciones o tiempo necesario para alcanzar la solución óptima, en función del crecimiento de complejidad del problema [16, 17, 18, 19, 27].

- ✓ Estudio comparativo de algoritmos celulares con diferentes tipos de grillas las que podrán mantenerse estáticas durante la evolución o modificarse dinámicamente para mantener la diversidad poblacional y de esa forma equilibrar la exploración y la explotación [4, 13, 23 ].
- ✓ Estudio comparativo de algoritmos evolutivos distribuidos (dAE), que permitan trabajar con poblaciones de tamaños variables a los efectos de que cada isla puede adecuar el tamaño de la población considerando diferentes criterios. Existen algunos estudios empíricos [6, 10, 12, 25] y otros teóricos [14, 15, 21] que son considerados como punto de partida. El mecanismo de adecuación del tamaño de la población se mantendrá uniforme en las distintas islas (enfoque homogéneo) o puede ser diferente en las distintas islas (enfoque heterogéneo) [2].

En todos los casos los estudios de performance se hacen sobre problemas pertenecientes a la categoría NP-duros y considerando instancias ampliamente difundidas en benchmarks internacionales, para poder contrastar los resultados con los obtenidos por otros grupos de investigación. Se intenta realzar el peso de las conclusiones por medio del análisis de los resultados alcanzados usando técnicas de la estadística.

## **Resultados Esperados**

Con estas líneas de investigación se pretende encontrar AEs que brinden una situación de mayor equilibrio entre diversidad poblacional y la obtención de buenas soluciones finales. Estos algoritmos podrán combinar técnicas de búsqueda local o heurísticas especialmente diseñadas, que potencien la explotación de buenas soluciones en la búsqueda de las soluciones óptimas. Se espera que el costo computacional, o el tiempo insumido en la búsqueda, sea menor al hacer uso de mecanismos de distribución del procesamiento a través de la división de la población en islas independientes o estructurando los vecindarios.

## **Bibliografía**

- [1] P. Adamidis, "Review of Parallel Genetic Algorithm Bibliography". Technical Report Version 1. Aristotle University of Thessaloniki. 1994.
- [2] P. Adamidis, V. Petridis, "Co-operating Populations with Different Evolution Behavior". Proceedings of the Second IEEE Conference on Evolutionary Computation, pp. 188-191, 1996.
- [3] E. Alba, M. Tomassini, "Parallelism and Evolutionary Algorithms", IEEE Transactions on Evolutionary Computation, volume 6, Nro 5, pp 443-462, October 2002.
- [4] E. Alba, B. Dorronsoro, "The Exploration/Exploitation Tradeoff in Dynamic Cellular Evolutionary Algorithms". IEEE Transactions on Evolutionary Computation, volume 9, Nro 2, April 2005.
- [5] H. Alfonso, G. Minetti, C. Salto, "Algoritmos Evolutivos Paralelos para Mitigar la Falta de Diversidad", proceedings of CISC 2004, volume 1, pp 362 – 367, 2004.
- [6] J. Arabas, Z. Michalewicz, J. Mulawka. "GAVaPS - A Genetic Algorithm with Varying Population Size". Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation, pp 73 - 78, 1994.
- [7] J. E. Beasley, "A Population Heuristic for Constrained Two Dimensional Non Guillotine Cutting". European Journal of Operational Research No. 156, pp 601-627, 2004.
- [8] T. C. Belding, "The Distributed Genetic Algorithms Revisited". Proceedings of the Sixth International Conference on Genetic Algorithms, pp. 114-121, 1995
- [9] E. Cantú Paz, Efficient and Accurate Parallel Genetic Algorithms, volume 1, Book series on Genetic Algorithms and Evolutionary Computation, Kluwer Academic Publishers, 2<sup>nd</sup> Edition, 2000.

- [10] J. Costa, R. Tavares, A. Rosa. "An Experimental Study on Dynamic Random Variation of Population Size". roceedings of IEEE Systems, Man and Cybernetics Conf., volume 6, pp 607-612, 1999.
- [11] Dasgupta D., Michalewicz Z., "Evolutionary Algorithms in Engineering Applications". Springer Verlag. 3<sup>o</sup> edition, 1996.
- [12] A.E. Eiben, E. Marchiori, V.A. Valko. "Evolutionary Algorithms with on-the-fly Population Size Adjustment". X.Yao et al. editors , Parallel Problem Solving from Nature, PPSN VIII, volume 3242 of LNCS, Springer, pp.41-50, 2004.
- [13] M. Giacobini, E. Alba, A. Tettamanzi, M. Tomassini. "Modeling Selection Intensity for Toroidal Cellular Evolutionary Algorithms". Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation COnference GECCO 2004, volume 3102 of LNCS, pp 1138-1149, 2004.
- [14] D.E. Goldberg. "Sizing Populations for Serial and Parallel Genetic Algorithms". Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms, pp 70-79., 1989.
- [15] D.E. Goldberg. "Optimal Population Size for Binary-Coded Genetic Algorithms". TCGA Report, No. 85001, 1985.
- [16] V.S. Gordon, D. Whitley, "Serial and Parallel Genetic Algorithms as Function Optimizers". Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms, pp. 93, 1993.
- [17] J. J.Grefenstette, "Parallel Adaptive Algorithms for Function Optimization". Technical Report No. CS-81-19, Vanderbilt University, Computer Science Department Nash Village, TN. 1981.
- [18] E. Noda, A.L.V. Coelho, I.L.M. Ricarte, A. Yamakami, A.A. Freitas. "Devising Adaptive Migration Policies for Cooperative Distributed Genetic Algorithms". Proc. 2002 IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics (SMC-2002). IEEE Press, 2002.
- [19] S. Lin, W. Punch, E. Goodman, "Coarse Grain Parallel Genetic Algorithms: Categorization and new Approach". Proceedings of the Sixth IEEE Symposium on Parallel and Distributed Processing, 1994.
- [20] B. Manderick, P. Spiessens, "Fine-Grained Parallel Genetic Algorithms". Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms, pp. 428-433, 1989.
- [21] C. R. Reeves, "Using Genetic Algorithms with Small Populations". Proceedings of the Fiftth International Conference on Genetic Algorithms, pp. 92-99, 1993.
- [22] C. Salto, G. Minetti, "A Combination of Selective Pressure and Disruptiveness of Recombination Operators to Enhance the Evolutionary Behaviour". Proceedings of the IEEE Fourth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA 2004), ISBN 963-7154-30-2, pp. 223-228, 2004 [23] J. Sarma, K. De Jong, "An analysis of the Effect of the Neighborhood Size and Shape on Local Selection Algorithms. PPSN IV, volume 1141 of LNCS, pp 236-244, 1996.
- [24] J. Sarma, K. De Jong, "An Analysis of Local Selection Algorithms in a Spatially Structured Eevolutionary Algorithms". Proceedings of the Seventh International Conference on Genetic Algorithms, pp. 181-186, 1997.
- [25] X. H. Shi, L. M. Wan, H. P. Lee, X. W. Yang, L. M. Wang, Y. C. Liang, "An Improved Genetic Algorithm with Variable Population-Size and a PSO-GA Based Hybrid Evolutionary Algorithm". Proceedings of the Second International Conference on Machine Learning and Cybernetics, pp. 1735-1740, 2003.
- [26] P. Spiessens, B. Manderick, "A Massively Parallel Genetic Algorithm". Proceedings of the Fourth International Conference on Genetic Algorithms. pp. 279-286.1991
- [27] R. Tanese, "Distributed Genetic Algorithms". Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms, pp. 434-439, 1989.
- [28] D. Whitley, "The GENITOR Algorithm and Selection Pressure: Why Rank-based Allocation of Reproductive Trials is Best". Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms, pp. 116-123, 1989.